

Country : Japan
Document No. : 3-286518
Document Type : Kokai
Language : Japanese
Inventors : Tsutomu Hashizume
Applicant : Seiko Epson Co., Ltd.
IPC : H 01 L 21/20
21/263
//G 02 F 1/136
Application Date : April 2, 1990
Publication Date : December 17, 1991
Foreign Language Title : Handotai Usumaku Kessho So no Seizo
Hoho
English Title : METHOD FOR MANUFACTURING A
SEMICONDUCTOR THIN FILM CRYSTALLINE
LAYER

1. Title of the Invention: METHOD FOR MANUFACTURING A
SEMICONDUCTOR THIN FILM CRYSTALLINE
LAYER

2. Claim

A method for manufacturing a semiconductor thin film crystalline layer with the following characteristics: In a method for manufacturing a semiconductor thin film wherein a semiconductor thin film is deposited on a substrate and wherein a high-output energy beam is continuously irradiated on said semiconductor thin film for monocrystallizing said thin film or expanding its crystal particle size, the shape of said beam is modified into a flat one, and the beam is irradiated on said semiconductor thin film while said beam is being scanned.

3. Detailed explanation of the invention

(Industrial application fields of the invention)

The present invention concerns a method for manufacturing a semiconductor thin film. More specifically, it concerns an improved crystallizing treatment process whereby a semiconductor thin film is deposited on a substrate and whereby a high-output energy beam is continuously irradiated on said semiconductor thin film in repeated operative cycles.

¹Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

(Prior art of the invention)

As has already become apparent, there are limits to the extents to which the degrees of integration and speeds of conventional two-dimensional semiconductor designations can be upgraded by reducing the sizes of their elements. So-called "three-dimensional semiconductor devices," wherein elements are configured in multiple layers, have been proposed as mechanisms which can transcend such limitations. In order to actualize such devices, several crystallizing treatment methods wherein a high-output energy beam is scanned and simultaneously irradiated on a polycrystalline or non-crystalline semiconductor above a substrate for forming a polycrystalline or monocrystalline semiconductor layer consisting of crude particles have heretofore been proposed.

Figures 1 show high-output energy beam scanning methods which are used often in such conventional methods. Of these, Figure 1a shows a beam scanning method which is used in an especially high frequency. It consists of an operation in a certain direction (direction X) and a relatively slow feeding sequence in a direction perpendicular to it (direction Y). In a case where the beams are irradiated repeatedly in the positive direction of the X-axis, which is indicated by a solid line, for preventing the formation of a beam non-irradiated region in this method, however, the irradiated region (12), on which the beams overlap, is generated, as Figure 1a indicates. Generally speaking, the levels of energy received by the sections of a

silicon layer corresponding to the region (11), which has been irradiated with said beam only once, and the overlappingly irradiated region (12) inevitably differ, and accordingly, various physical properties (e.g., degree of crystallization, refractive index, etc.) of these differently irradiated regions of the silicon layer vary. In a case where the beam intensity is high, furthermore, the high energy is concentrated in the overlappingly irradiated region, and as a result, grave damages (e.g., evaporation of the semiconductor thin film, etc.) are unavoidable. /2

Figure 1b, on the other hand, shows a scanning method which was conceived for eliminating operative wastefulness by matching the scanning speed in the positive direction of the X-axis and the scanning speed in its negative direction. In this case, too, however, the region (12), which is overlappingly annealed, is generated as a result of the beam irradiation in the direction of the X-axis, and film quality variations of a silicon layer (semiconductor thin film) due to varying energy absorption levels of the semiconductor thin film as well as beam damages due to the concentration of the energy are difficult to avoid.

(Problems to be solved by the invention)

In a case where the X coordinate at a point where the beam is irradiated in the method shown in Figure 1a is represented by a time function, the beam speed inevitably becomes zero in the negative direction of X, where the beam stagnates. In such a

case, a high energy is concentrated on a single point of the semiconductor thin film, and as a result, grave damages (e.g., evaporation of the semiconductor thin film, etc.) are incurred.

The scanning method shown in Figure 1b, on the other hand, was conceived for eliminating operative wastefulness by matching the scanning speed in the positive direction of the X-axis and the scanning direction in its negative direction. In the case of the method shown in Figure 2[b] [sic], too, there is a point in the X-axis of the beam direction at which the speed becomes zero, and as a result, it is difficult to avoid damages attributed to the concentration of a high energy on a single point of the semiconductor thin film.

In the cases of both Figures 1a and 1b, furthermore, the beams are repeatedly scanned in the direction of the X-axis, and as a result, the region (12), in which the irradiated beams overlap, is generated. The levels of energy received by the sections of the silicon layer (semiconductor layer) corresponding to the beam overlapping region (12) and the region (11), where such overlaps are absent, therefore, inevitably differ, and as a result, silicon layers (semiconductor thin films) with different physical properties (e.g., degree of crystallization, refractive index, etc.) are produced.

The objective of the present invention, which has been proposed for eliminating the foregoing shortcomings of the prior art, is to provide a method for manufacturing a semiconductor thin film crystalline layer which is useful for the preparation

of a three-dimensional semiconductor device element formation substrate, etc. and which enables the production of a high-quality semiconductor thin film crystalline layer with homogeneous physical properties by preventing damages caused by the pointwise concentration of a high-output energy beam on a semiconductor thin film above a substrate.

(Mechanism for solving the problems)

1. The present invention concerns a method for manufacturing a semiconductor thin film crystalline layer with the following characteristics: In a method for manufacturing a semiconductor thin film wherein a semiconductor thin film is deposited on a substrate and wherein a high-output energy beam is continuously irradiated on said semiconductor thin film for monocrystallizing said thin film or expanding its crystal particle size, the shape of said beam is modified into a flat one, and the beam is irradiated on said semiconductor thin film while said beam is being scanned.

(Functions of the invention)

The most notable characteristic of the present invention lies in the use of an energy beam with a flat shape.

In other words, the following constitution is embodied in the present invention: In a method for manufacturing a semiconductor thin film wherein a semiconductor thin film is deposited on a substrate and wherein a high-output energy beam

(e.g., laser beam, etc.) is continuously irradiated on said semiconductor thin film for monocrystallizing said thin film or expanding its crystal particle size, the shape of an energy beam derived from a beam source is modified into a flat one as a result of its transmission through a convex lens and a concave lens.

As a result, the irradiated beam overlapping region of a silicon layer (semiconductor thin film) shown in Figure 1a or 1b, which is generated as a result of the repetition of beam scanning cycles, can be eliminated, and accordingly, the energy beam can be homogeneously irradiated over the entire silicon layer (semiconductor thin film).

(Application examples)

In the following, the present invention will be explained in detail with reference to application examples shown in figures.

Figure 2 is a diagram which shows a simplified constitution of a laser annealing device employed in an application example of the present invention. In the figure, the notations denote the following: (21): Laser oscillation unit; (22): Concave lens; (23): Convex lens; (24): Mirror; (25): Convex lens; (26): Sample.

Next, a method for manufacturing a semiconductor thin film crystalline layer by using the aforementioned device will be explained. First, as Figure 3a shows, the silicon layer (semiconductor thin film) (32), the thickness of which is 100 nm, is formed over the entire front surface of the square glass

/3.

substrate (insulating substrate) (31), the side length of which is 25 cm. The laser oscillation wavelength is matched with the wavelength of an XeCl excimer laser (i.e., 308 nm). The laser beam size is a square with a side length of 5 mm, and its energy intensity is 500 mJ/pulse. The laser pulse width and the oscillation frequency are approximately 50 ns and 120 Hz, respectively. As far as the laser beam scanning method is concerned, the mirror (24) is moved in the direction of the Y-axis at a speed of 1 mm/s for scanning the laser beam. The width of the laser beam in the direction of the X-axis is adjusted by varying the distance between the concave lens (22) and the convex lens (23). The laser beam energy density at the outlet of the laser oscillation unit is 2,000 mJ/(cm₂·pulse). The beam width, however, is multiplied by 50 times immediately after the transmission through the mirror (24), and accordingly, [the concomitant density is] 400 mJ/(cm₂·pulse), which is 1/50 of said value [sic: Discrepancy]. In order to prevent the attenuations of annealing effects, [the beam is] collected by the convex lens (25), as a result of which an energy density of 2,000 mJ/(cm₂·pulse) is achieved once again. The energy density can be adjusted by manipulating the distance between the sample and convex lens (25). Said distance can be minimized by using a convex lens with a high curvature. In such a case, the laser beam is scanned only in the direction of the Y-axis, as Figure 2 indicates, and therefore, the annealing beam overlaps on the silicon layer (semiconductor thin film) observed in the

irradiation example of Figure 1 can be prevented, as a result of which a high-quality semiconductor thin film crystalline layer with homogeneous physical properties can be obtained by means of annealing.

In a case where irradiating beams overlapped, as in the conventional annealing method wherein beams are repeatedly annealed in the direction of the X-axis, variations of the physical properties of the silicon layer as well as beam damages on overlapping areas were observed. The present invention, however, is in no way limited to the aforementioned application example. In said application example, for instance, a case where the entire silicon layer region is annealed was demonstrated. In a case where only a necessary segment of a silicon layer needs to be annealed, however, the size of the flat-shaped beam may be adjusted for matching the necessary width. The present concept is applicable not only to crystal growths based on the melt recrystallization of silicon but also to [the growths of] other semiconductors, metals, etc. The present invention, furthermore, may also be applied to the activation of an ion implantation layer for homogenizing the annealed region.

(Effects of the invention)

An overlappingly beam irradiated region which would otherwise be generated as a result of repeated beam scanning cycles can be eliminated in the present invention, and since no area where the speed is virtually zero (i.e., beam scanning

direction reversal region) is present in the annealed region, the beam stagnation can be eliminated, as a result of which the variations of the physical properties of the silicon layer (semiconductor thin film) in the annealed region can be eliminated, and furthermore, beam damages can be prevented. A high-quality homogeneous semiconductor thin film crystalline layer, therefore, can be laminated, and practically satisfactory performances for three-dimensional semiconductor device element formation substrates can be achieved.

4. Brief explanation of the figures

Figures 1a and b are schematic diagrams pertaining to examples of energy beam scanning methods. Figure 2 is a diagram which shows a simplified constitution of a laser annealing device employed in an application example of the present invention. Figure 3 is a diagram which shows a cross-sectional view of the process for manufacturing a silicon thin film crystalline layer in the aforementioned application example. Figure 4 pertains to [another] application example of the present invention.

(21): Laser oscillation unit; (22): Concave lens; (23): Convex lens; (24): Mirror; (25): Convex lens; (26): Sample; (31): Glass substrate (insulating substrate); (32): Silicon layer (semiconductor thin film).

Keys to Figures:

/4

Figure 2

(21): Laser unit; (22): Concave lens; (23): Convex lens; (24):
Mirror; (25): Convex lens; (26): Substrate

Figure 3

(31): Glass substrate; (32): Semiconductor thin film; (33):
Energy beam

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-286518

⑬ Int.Cl.⁴ 職別記号 庁内整理番号 ⑭ 公開 平成3年(1991)12月17日
H 01 L 21/20 7739-4M
// G 02 F 21/283 5 0 0 9018-2K
審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 半導体薄膜結晶層の製造方法

⑯ 特 願 平2-87977

⑰ 出 願 平2(1990)4月2日

⑱ 発 明 者 橘 爪 勉 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式
会社内

⑲ 出 願 人 セイコーエプソン株式 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
会社

⑳ 代 理 人 弁理士 鈴木 喜三郎 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

半導体薄膜結晶層の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 基板上に半導体薄膜を増殖し、この半導体薄膜に高出力エネルギービームを連続的に照射し、上記薄膜の結晶化程度を大きくして単結晶化をはかる半導体薄膜結晶層の製造方法において、上記ビームの形状を板状に変形して、ビームを走査すると同時に半導体薄膜にビームを照射することを特徴とする半導体薄膜結晶層の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体薄膜結晶層の製造方法に関わり、特に基板上に半導体薄膜を増殖し、この半導体薄膜に高出力エネルギービームを連続的に照射しながら繰り返し操作する結晶化処理工程の改良に係

する。

〔従来の技術〕

周知の如く、従来の2次元半導体装置の素子を微細化してこれを高集積化及び高速化するには限界があり、これを越える手段として多層に素子を形成するいわゆる3次元半導体装置が提案された。そして、これを實現するため、基板上的多結晶あるいは非晶質半導体に高出力エネルギービームを照射しながら走査して、粗大粒の多結晶若しくは単結晶の半導体層を形成する結晶化処理方法がいくつか提案されている。

従来の方法でよく用いられている高出力エネルギービームの走査方法を第1図に示す。このうち第1図aは特によく用いられているビームの走査方法である。ある方向へ(X方向)への操作と、これと垂直な方向(Y方向)の比較的速い送りとからなっている。しかしこの方法では、ビームの未照射領域を形成しないように、実際で表わされるX軸の正方向に繰り返し照射すると、第1図aに示すようにビームの重複した照射領域12が発生

する。このため、1図のみのビーム照射領域11と、重複した照射領域12にあるシリコン層が受けるエネルギー量が異なるため、その照射領域によって結晶化率または結析率などの物性値が異なるシリコン層が形成されてしまう。さらに、ビーム強度が大きいときには、照射の重複部分では、高エネルギーが集中して、半導体薄膜が蒸発してしまうなどの大きな損傷を受けた。

一方、第1図bに示すのはX軸に正の方向の定常速度と負の方向の定常速度を同じくして、操作の無駄をなくすために考えられた定常方法である。しかしこの場合もビームのX軸方向の照射で、アニールが重複する領域12があり、半導体薄膜のエネルギー吸収量の違いによるシリコン層（半導体薄膜）の性質の違いや、エネルギー集中によるビーム損傷を避けることは困難となっていた。

【発明が解決しようとする課題】

第1図aの方法ではビームが照射している地点のX座標を時間の関数で変えたと、ビームがXの

軸の方向の速度が必ず0となり、ここでビームが停滞することになる。このため、半導体薄膜の一点点に高エネルギーが集中して、半導体薄膜が蒸発してしまうなどの大きな損傷を受けた。

一方、第1図bに示すのはX軸に正の方向の定常速度と負の方向の定常速度を同じくして、操作の無駄をなくすために考えられた定常方法である。第2図の方法の場合もビームのX軸方向の速度が必ず0になる地点があり、半導体薄膜の一点点に高エネルギーが集中することによる損傷を避けることは困難となっていた。

さらに、第1図aの場合も、第1図bの場合もビームをX軸方向に繰り返し定常するため照射領域が重複する部分12が生じるため、重複する部分12とそうでない部分11の間で、シリコン層（半導体薄膜）が受けるエネルギー量が異なり、結晶化率、または結析率などの物性が異なるシリコン層（半導体薄膜）が生じた。

本発明の目的は、かかる従来の欠点を取り除き、基板上の半導体薄膜上で高出力のエネルギー

ビームが一点に集中して損傷を及ぼすことを防止し、均一な物性で良質の半導体薄膜結晶層を従来の比で簡単に製造することができ、3次元半導体装置の素子形成用基板の作成等に有用な半導体薄膜結晶層の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の半導体結晶層の製造方法は基板上に半導体薄膜を増殖し、この半導体薄膜に高出力エネルギービームを連続的に照射し、上記薄膜の結晶粒径を大きくしまたは単結晶化をはかる半導体薄膜結晶層の製造方法において、前記ビームの形状を板状に変形して、ビームを走査すると同時に半導体薄膜にビームを照射することを特徴とする。

【作用】

本発明の骨子は、エネルギービームの形状が板状になっていることにある。

すなわち本発明は、絶縁体基板上に半導体薄膜を増殖し、この薄膜にレーザービームなどの高出力エネルギービームを連続的に照射して、上記薄

膜の結晶粒径増大化もしくは単結晶化をはかる半導体薄膜結晶層の製造方法に於て、ビーム源からのエネルギービームを凸レンズと凹レンズに通過させて、板状に変形したものである。

これによって、第1図aや第1図bで示された、ビームの走査の繰り返しによって生じる、シリコン層（半導体薄膜）のビーム照射の重複部分がなくなり、シリコン層（半導体薄膜）全面にわたって均一なエネルギー照射ができる。

【実施例】

以下、本発明の詳細を図示の実施例によって説明する。

第2図は本発明の一実施例に使用したレーザーアニール装置を示す概略構成図である。図中21はレーザー発振部、22は凹レンズ、23は凸レンズ、24は鏡、25は凸レンズ、26は被処理体である。

次に、上記装置を用いた半導体薄膜結晶層の製造方法について説明する。まず第3図aに示すが、如く1辺25〔cm〕正方形のガラス基板（絶縁

体基板) 31 表面全面に100 [nm] のシリコン層(半導体薄膜) 32 を形成する。レーザーの発振波長はXeClエキシマレーザーの308 [nm] とした。レーザービームの大きさは、1 辺5 [mm] の正方形であり、エネルギー強度は800 [mJ/パルス] であり、レーザーのパルス幅は約50 [ns] であり、発振周波数は120 [Hz] とした。また、レーザービームの走査方法として、図24をY軸方向に1 [mm/5] の速度で動作してレーザービームを走査した。X軸方向のレーザービームの幅は凹レンズ22と凸レンズ23の距離を変化させて調節する。さらに、レーザー発振部出口でのレーザービームのエネルギー密度は、2000 [mJ/(cm²・パルス)] であるが、凸レンズ24を透過直後では、ビームの幅が50倍となるため、400 [mJ/cm²・パルス] と50分の1となる。アニール効果を増少させないため、凸レンズ26でエネルギー密度を再び2000 [mJ/(cm²・パルス)] に高める。エネルギー密度は、試料

と凸レンズ25の距離で調整できる。この距離を少なくするには曲率の大きい凸レンズを使用すれば実現できる。これにより、第2図に示す如くレーザービームの走査方向はY軸方向のみとなるため、第1図の照射例でみられたようなシリコン層(半導体薄膜) のアニールの重複を防止でき、これにより均一な特性で良質なシリコン層(半導体薄膜) を得られるアニールが可能となった。

これに対して、従来のようにX軸方向のビームを繰り返すアニールのように、照射の重なり部分がある場合には、シリコン層の特性のばらつきや、重なり部分でのビーム損傷が認められた。なお本発明は上述した実施例に限定されるものではない。実施例では、ガラス基板(絶縁体基板) 全面にシリコン層を形成し、シリコン層の全領域をアニールする例を示したが、シリコン層の必要な部分だけをアニールしたい場合にはその必要な大きさの幅にビームの大きさを調整した板状のビームで照射すればよい。また、シリコンの陥陥再結

晶化による結晶成長だけでなく、他の半導体や金属などにも適用することが可能である。さらに、イオン注入用の活性化に本発明を適用し、アニール領域を均一にすることも可能である。

[発明の効果]

本発明によれば、ビームの繰り返し走査によって生じる照射領域の重複部分がなくなるので速度が0に近い付近、すなわちビームの走査方向の反転領域が、アニール領域にないため、ビームが停留することがなくなり、また照射の重複部分がなくなるので、アニール領域におけるシリコン層(半導体薄膜) の特性のばらつきがなくなり、さらにビーム損傷を未然に防止することができる。このため均一で良質な半導体薄膜結晶層を製造することができ、3次元半導体装置の素子形成基板として実用上十分な特性をもたせることが可能となる。

4. 図面の簡単な説明

第1図a、bはエネルギービームの走査方法の

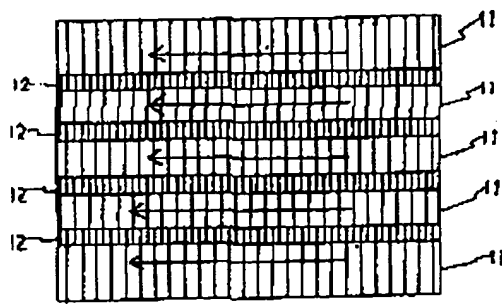
例を示す模式図、第2図は本発明の1実施例方法に使用したレーザーアニール装置を示す概略構成図、第3図は上記実施例にかかわるシリコン薄膜結晶層の製造工程を示す断面図である。第4図は、本発明の実施例である。

- 21・・・レーザー発振部
- 22・・・凹レンズ
- 23・・・凸レンズ
- 24・・・鏡
- 25・・・凸レンズ
- 26・・・試料
- 31・・・ガラス基板(絶縁体基板)
- 32・・・シリコン層(半導体薄膜)

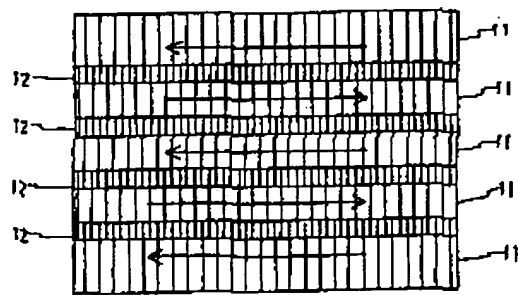
以上

出願人 セイコーエプソン株式会社

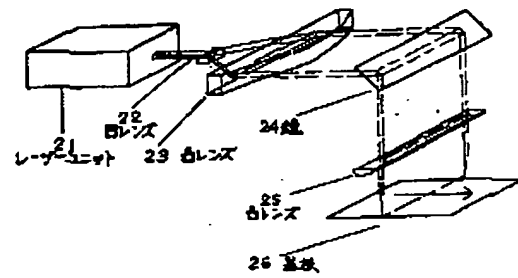
代理人 井西士 鈴木 春三郎(他1名)



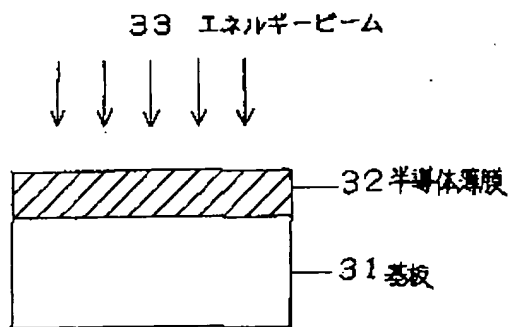
第1図a



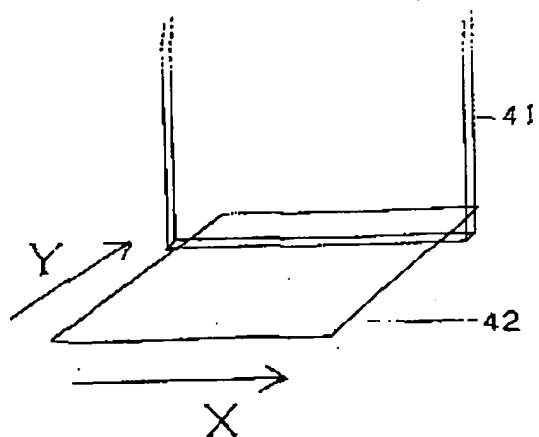
第1図b



第2図



第3図



第4図